



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑰ Gebrauchsmusterschrift  
⑯ DE 202 16 214 U 1

⑯ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
B 23 K 26/00

DE 202 16 214 U 1

⑲ Aktenzeichen: 202 16 214.1  
⑳ Anmeldetag: 21. 10. 2002  
㉑ Eintragungstag: 19. 12. 2002  
㉒ Bekanntmachung im Patentblatt: 30. 1. 2003

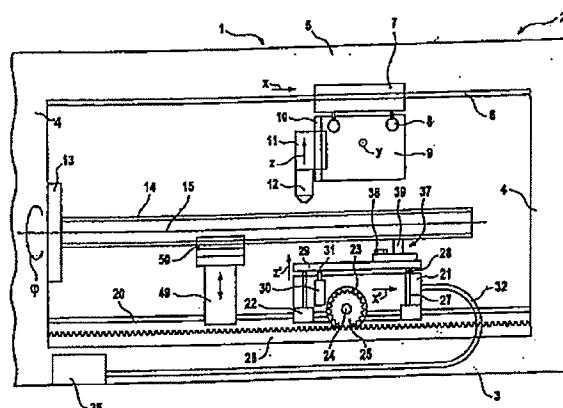
㉓ Inhaber:  
Bystronic Laser AG, Niederönz, CH

㉔ Vertreter:  
Zellentin & Partner, 67061 Ludwigshafen

Rechercheantrag gem. § 7 Abs. 1 GbmG ist gestellt

㉕ Maschine zur Laserstrahlbearbeitung von länglichen Werkstücken

㉖ Werkzeugmaschine zur Bearbeitung von länglichen Werkstücken (14) mittels Laserstrahlen, insbesondere von Rohren, Flach- und Hohlprofilen, wobei eine Aufnahmeverrichtung (13) zum einseitigen Einspannen des Werkstück (14) und im Bereich der Strahlbearbeitung ein in Längsrichtung der Werkzeugmaschine (1) an Führungsachsen (20) verschieblicher Schlitten (21) vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass an diesem, wenigstens einen Schlitten (21; 49) ein autonomer steuerbarer Antrieb (23) vorgesehen ist, dass dessen Abtrieb (24) mit einem Zahnrad (25) versehen ist und in eine in Längsrichtung der Werkzeugmaschine angeordnete Zahntange (26) eingreift, und dass der Schlitten (21; 49) Träger (29) von Stützen (39) und/oder Führungen (44) oder Ablagen (46) und/oder Auswerfern (51) und/oder Absaugvorrichtungen (40, 41) ist, welche das zu bearbeitende Werkstück (14) und/oder das bereits bearbeitete Werkstück (14') stützen, führen, aufnehmen und/oder auswerfen.



DE 202 16 214 U 1

22.10.02

- 1 -

Maschine zur Laserstrahlbearbeitung von länglichen  
Werkstücken

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine  
5 gemäss dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2.

Das Ausgangsmaterial von länglichen Werkstücken, d.h. von  
Werkstücken deren Länge in Bezug auf die Abmessungen im  
Querschnitt ein Vielfaches beträgt, wird häufig in Form von  
Stangenmaterial aber auch in Form von Bandmaterial angelie-  
fert und einer Werkzeugmaschine zur Bearbeitung zugeführt.  
10 Bei Drehmaschinen und Drehautomaten ist es bekannt, das  
Ausgangsmaterial der Maschine direkt, auch automatisiert  
zuzuführen und in dieser über geeignete Spannmittel (Dreh-  
backenfutter, Spannzangen etc.) während der Bearbeitung und  
15 auch zum Ablängen einzuspannen. Die Verwendung von Lade-  
und Entladevorrichtungen in Verbindung mit spanabhebenden  
Werkzeugmaschinen ist ebenfalls allgemein bekannt.

Bei der Laserstrahlbearbeitung von länglichen Werkstücken  
wurde ein auf Führungen gleitender Schlitten (auch Wagen  
20 oder Fahreinheit genannt) vorgeschlagen (EP -A2- 0 901  
874). Der mit einer Rollenbahn versehene, in seiner Ar-  
beitshöhe einstellbare Schlitten ist über Ketten und einen  
im Gestell der Werkzeugmaschine angeordneten Elektromotor  
in Längsrichtung der Werkzeugmaschine verschieblich und  
25 dient dem Positionieren von Werkstücken mittels Greifern  
sowie dem Entladen. Auf einer Seite der Maschine sind pneu-  
matisch betriebene Spannmittel und auf der gegenüberliegen-  
den Seite ist eine weitere Vorrichtung zum Entladen kurzer  
Werkstücke vorgesehen.

DE 202 16 214 U1

22.10.02

- 2 -

Es ist Aufgabe der Erfindung eine vielseitig einsetzbare Vorrichtung zu schaffen, welche kompakt ist und auf einer ausserhalb dieser angeordnete Entladevorrichtung verzichten kann.

- 5 Ausserdem soll der Erfindungsgegenstand an spezifische Bearbeitungsvorgänge anpassbar sein, bzw. diese in Bezug auf die Taktfrequenz der Maschine und/oder Qualität der Bearbeitung optimieren lassen. Ebenfalls müssen sich Werkstücke verschiedener Profilformen bearbeiten lassen, insbesondere Hohlprofile wie Rund-, Viereck- und Polygonprofile.  
10

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 2 gelöst.

In abhängigen Ansprüchen sind bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung beschrieben.

- 15 Die Merkmale der Ansprüche 3 und 7 ermöglichen eine normierte Konstruktion der Zusatzeinrichtungen bezüglich ihrer Montage auf der Trägerplatte.

Die Merkmale des Anspruchs 4 ermöglichen eine sehr einfache Anpassung der Maschine an unterschiedliche Werkstückpro-

- 20 file.

Mit der flexiblen Leitung gemäss Anspruch 5 können Energie und Steuersignale auf den Schlitten übertragen werden.

- 25 Die Ausführung gemäss Anspruch 6 verhindert die Ablagerung von Partikeln und die Kondensation oder den Niederschlag von Dämpfen, die bei der Laserbearbeitung entstehen, insbesondere innerhalb von zu bearbeitenden Hohlprofilen.

DE 202 16 214 U1

22.10.00

- 3 -

Die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 8 bewirken eine höhere Präzision in der Positionierung des Schlittens in der Längsrichtung der Maschine.

Die Ausgestaltung der Träger nach den Ansprüchen 9 oder 10  
5 erhöhen die Positioniergenauigkeit der auf diesem montier-  
ten Hilfseinrichtung.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung an-  
hand von Zeichnungen beschrieben. Darin zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht einer Laserstrahl - Werkzeug-  
10 maschine und

Fig. 2-5 Einzelheiten verschiedener Hilfseinrichtungen zur  
Werkzeugmaschine nach Fig. 1

Die in Fig. 1 dargestellte Maschine 1 hat ein Gestell 2 mit  
einer Basis 3, zwei Ständern 4 und einem diese verbindenden  
15 Längsträger 5. Auf dem Träger 5 sind zwei parallele Füh-  
rungsschienen 6 befestigt, auf welchen ein Schlitten 7 in  
Längsrichtung x der Maschine 1 verschiebbar ist. Der  
Schlitten 7 trägt zwei horizontale, senkrecht zu den Schie-  
nen 6 verlaufende Schienen 8. Auf den Schienen 8 ist ein  
20 zweiter Schlitten 9 in Richtung y senkrecht zur Zeichene-  
bene verschiebbar. Der Schlitten 9 hat Schienen 10, welche  
senkrecht zu den Schienen 6, 8 verlaufen, und auf welchen  
ein dritter Schlitten 11 vertikal in Richtung z verschieb-  
bar ist. Die drei Schlitten 7, 9, 11 werden durch hier  
25 nicht dargestellte Servomotoren in bekannter Weise in den  
drei NC-Achsen x, y, z positioniert. Am Schlitten 11 ist  
eine Laseroptik 12 zum Bearbeiten, z.B. zum Schneiden oder  
Schweißen, des Werkstücks 14 befestigt.

DE 20216214 U1

Das längliche Werkstück 14, z.B. eine Profilstange, ein Profilrohr oder ein zylindrisches Rohr, ist einseitig in einem Spannfutter 13 eingespannt. Das Futter 13 ist im linken Ständer 4 um eine horizontale Achse 15 drehbar gelagert, die parallel zu den Schienen 6 ist. Das Futter 13 ist mit einem nicht dargestellten weiteren Servomotor verbunden. Der Drehwinkel  $\phi$  des Futters 13 ist ebenfalls numerisch gesteuert und bildet die vierte NC-Achse.

Auf der Basis 3 sind zwei geradlinige Schienen 20 befestigt, die parallel zu den Schienen 6 und zur Achse 15 verlaufen. Auf den Schienen 20 ist ein Schlitten 21 mittels Wälz-Linearführungen 22 verschiebbar geführt. Auf dem Schlitten 21 ist ein Servomotor 23, z.B. ein Schrittmotor befestigt. Auf dessen Abtriebswelle 24 sitzt ein Zahnrad 25, das mit einer Zahnstange 26 kämmt. Die Zahnstange 26 verläuft parallel zu den Führungsschienen 20 und ist an der Basis 3 befestigt.

In vertikalen Bohrungen 27 des Schlittens 21 sind zylindrische Stangen 28 verschiebbar geführt. Die Stangen 28 sind an einer horizontalen Trägerplatte 29 befestigt. Der Servoantrieb für die vertikale Position der Platte 29 ist in Fig. 1 durch einen Servozylinder 30 mit Kolbenstange 31 symbolisch dargestellt. Die Servoantriebe 23, 30, 31 für die zusätzlichen NC-Achsen x', z' der Trägerplatte 29 werden über eine flexible Leitung 32 von einer gestellfesten NC-Steuereinrichtung 35 gesteuert, welche auch die übrigen NC-Achsen x, y, z,  $\phi$  steuert.

Auf der Trägerplatte 29 ist wahlweise mindestens eine von verschiedenen Hilfseinrichtungen 37 austauschbar lösbar montiert. Dazu hat die ebene Platte 29 z.B. in einem regel-

DE 202 16 214 U1

mässigen, quadratischen Raster Durchgangsbohrungen 33 und/oder Gewindebohrungen zur Aufnahme von Schrauben 38 (Fig. 2), oder in einem Raster angeordnete hintschnittene Nuten wie T-Nuten 34 (Fig. 3) oder Schwabenschwanznuten 5 zur Aufnahme von Schraubenköpfen oder Muttern der Befestigungsschrauben 38. Um die Hilfseinrichtung 37 auf der Trägerplatte 29 zu positionieren weist diese eine Reihe von Zentrierbohrungen 56 im Abstand des Rasters der Durchgangsbohrungen 33 auf. In zwei dieser Zentrierbohrungen 56 ist 10 ein Zylinderstift 57 eingesteckt. In jeder Hilfseinrichtung 37 ist ebenfalls eine Zentrierbohrung 58 von gleichen Nenn-durchmesser wie die Bohrung 56 und der Stift 57 vorgesehen; ebenfalls ein Langloch gleicher Breite, in welchem der zweite Zentrierstift 57 geführt ist. Die Zentrierbohrungen 15 56 können auch mit der einen Reihe der Durchgangsbohrungen 33 identisch sein.- Bewährt haben sich auch an sich bekannte Stiftschrauben, die eine besonders schnelle Montage der Bauteile erlauben und eine ausreichende Zentriergenauigkeit ergeben.

20 Die Hilfseinrichtung 37 kann z.B. wie in Fig. 1 und 2 dargestellt eine Stütz- und Zentriereinrichtung 39 für das Werkstück 14 sein. Dadurch kann die Präzision der Laser-Bearbeitung durch die Laser-Optik 12, insbesondere bei grosser Auskragung, d.h. bei grossem Abstand der Optik 12 vom 25 Futter 13 erheblich gesteigert werden, weil die Abstützung und Zentrierung des Werkstückes 14 unmittelbar bei der Optik 12 erfolgt.

Wie in Fig. 3 dargestellt können die Hilfseinrichtungen 37 auch eine Hohllanze 40 umfassen, die ein Absaugen der beim 30 Laser-Schneiden entstehenden Partikel, Dämpfe und Gase aus dem Innern eines Hohlprofils 14 ermöglicht. Dazu hat die

DE 202 16 214 U1

Hohllanze 40 einen zur Achse 15 und den Schienen 6, 22 parallelen Endabschnitt, und ihr freies Ende ist dem Futter 13 zugewandt. Die rohrförmige Hohllanze 40 ist auf einem Träger 43 befestigt und über einen flexiblen Schlauch 41 mit einem Absauggebläse (nicht dargestellt) verbunden. Der Träger 43 ist mittels der Schrauben 38 auf der Trägerplatte 29 befestigt.

Wie Fig. 3 zeigt, kann ein anderer Träger 43 Ablenkplatten 42 tragen, welche das Werkstück nach der Bearbeitung und 10 dem Ablängen aus der Maschine lenken oder führen.

Bei der in Fig. 4a gezeigten Variante ist das Werkstück 14 ein kreiszylindrisches Rohr. Es wird von kreiszylindrischen Stützrollen 44 gestützt und zentriert, die um 45° geneigte Achsen auf dem Träger 43 drehbar gelagert sind. Diese Variante erleichtert das Beladen und Abstützen des noch unbearbeiteten Werkstücks 14. Gleichzeitig dient sie dem Zentrieren vor dem Spannen des Futters 13, sowie dem Verfahren des Schlittens 21 in x'-Richtung ohne Abrieb am Werkstück 14 zu verursachen.

20 Die weitere Variante Fig. 4b eignet sich besonders für rechteckförmige Profile 14', wobei diese auf einer konkaven Stützrolle 44' mit Lagerbock 43' aufliegen.

In Fig. 5 ist die Hilfseinrichtung 37 schematisch zum Sammeln abgelänger Werkstücke 14 dargestellt. Nachdem ein Abschnitt des Werkstücks 14 fertig bearbeitet ist, wird der Schlitten 21 unter die Längsmitte dieses Abschnitts gefahren und dieser Abschnitt mittels der Laseroptik 12 abgetrennt. Das fertig bearbeitete, abgelängte Werkstück 14 fällt auf fingerartige Sammelschienen 46. Diese wird peri-

odisch geneigt, so dass die Werkstücke 14' gegen einen Anschlag nach unten gleiten oder rollen. Die Sammelschienen 46 sind an ihrem oberen Ende an einem Ständer 45 schwenkbar befestigt. Der Ständer 45 ist auf dem Träger 43 befestigt, der seinerseits lösbar mit der Trägerplatte 29 des Schlittens 21 verschraubt ist. Die Sammelschienen 46 können mittels einer am Träger 43 und den Schienen 46 angelenkten Kolben-Zylindereinheit 47, 48 aus der dargestellten Grundstellung nach unten abgeschwenkt werden.

10 In einer nicht gezeichneten Ausführung ist auf eine Kolben-Zylindereinheit verzichtet und die entsprechende Sammelschiene direkt mit der Basis 43 verbunden.

Im Bereich der einen Endstellung des Schlittens 21 sind an der Basis 3 des Gestells 2 zwei geneigte Auswerfer 51 befestigt, deren unteres Ende in einen bereitgestellten Sammelbehälter 52 münden. Von einem eingespannten langen Rohr 14 werden ausgehend von dessen freiem Ende schrittweise einzelne Abschnitte fertig bearbeitet, abgelängt und mittels der Sammelschienen 46 gesammelt. Nachdem die Schlitten 7, 20 21 im Bereich des Futters 13 angelängt sind, fährt der Schlitten 21 in den Bereich der Auswerfer 51 und die Sammelschienen 46 werden abgesenkt, sodass die Auswerfer 51 die fertig bearbeiteten Rohrstücke 14' in den Sammelbehälter 52 auswerfen.

25 Weil in der gleichen Einspannung des langen Werkstück-Rohlings 14 im Spannfutter 13 mehrere fertig bearbeitete, abgelängte kurze Werkstücke 14' hergestellt und zwischengespeichert werden können, entfallen die unproduktiven Zwischenzeiten zum Ausspannen, neu positionieren und Einspannen des Werkstück-Rohlings 14 im Futter 13, sodass die Pro-

DE 202 16 214 U1

duktivität der Maschine 1 gesteigert wird. Insbesondere wenn auf der Trägerplatte 29 zusätzlich zu den Sammelschienen 46 noch eine Stütz- und Zentriereinrichtung 39, 44 z.B. gemäss Fig. 2 oder 4a, 4b montiert wird, kann dabei eine 5 hohe Präzision der Bearbeitung auch bei langer Auskragung des Werkstücks 14 gewährleistet werden.

Wie ersichtlich ist, benötigt der Zusatzschlitten 21 in der Werkzeugmaschine 1 kaum zusätzlichen Raum. Auf eine ausserhalb der Maschine 1 angeordnete zusätzliche Entladevorrichtung kann verzichtet werden. Wegen der universellen Befestigungsmöglichkeiten der Hilfseinrichtung 37 auf der Trägerplatte 29 kann die Werkzeugmaschine 1 sehr rasch und mit geringem Aufwand an geänderte Bearbeitungsvorgänge oder Anforderungen angepasst werden. Die Qualität der Bearbeitung 15 kann verbessert und die Taktzeiten können verkürzt werden.

Selbstverständlich können auf der Trägerplatte 29 auch andere als die dargestellten Hilfseinrichtungen 37 montiert werden. Als Beispiel sei ein automatischer Werkstückwechsler erwähnt, wie er z.B. bei spanabhebenden Werkzeugmaschinen bekannt ist. Für gewisse Anwendungsfälle kann es zweckmäßig sein, wenn die Trägerplatte 29 mittels eines Querschlittens analog dem Schlitten 9 in einer zusätzlichen NC-Achse  $y'$  senkrecht zu den NC-Achsen  $x'$  und  $z'$  gesteuert verschiebbar ist.

25 Ebenfalls lässt sich auf dem Schlitten 21 eine Zentrierspitze (Pinole genannt) montieren. Für besonders lange und dünnwandige Profile kann es vorteilhaft sein, entsprechend der Darstellung in Fig. 1, einen zweiten Schlitten 49 mit Stützrollen 50 einzusetzen. Dieser kann von Hand auf seine 30 Position geführt sein, lässt sich aber auch mit einem auto-

DE 20216214 U1

22 02 03  
- 9 -

nomen Antrieb ausrüsten und in steuerungstechnischer Verbindung mit dem Schlitten 21 verschieben.

DE 202 16 214 U1

22.10.03  
- 10 -

B e z e i c h n u n g s l i s t e

---

1	Werkzeugmaschine
2	Gestell
5	3 Basis
	4 Ständer
	5 Längsträger
	6 Führungsschiene
	7 x-Schlitten
10	8 Führungsschiene
	9 y-Schlitten
	10 Führungsschiene
	11 z-Schlitten
	12 Laseroptik / Laserschneidkopf
15	13 Spannfutter
	14 Werkstück (Rohling)
	14' Abgelängtes Werkstück
	15 Achse
20	20 Führungsschiene
	21 Schlitten
	22 Linearführung
	23 Motor
	24 Welle
25	25 Zahnrad

DE 202 16 214 U1

22. 10. 03  
-17-

26	Zahnstange
27	Bohrung
28	Stange
29	Trägerplatte
5	30 Zylinder
	31 Kolbenstange
	32 Kabel
	33 Durchgangsbohrung
	34 T-Nut
10	35 Steuereinrichtung
	37 Hilfseinrichtung
	38 Schraube
15	39 Stütze und Zentrierung / Zentriereinrichtung
	40 Hohllanze / Absauglanze
	41 Schlauch
	42 Ablenkplatten
	43 Träger
20	43' Lagerbock
	44, 44' Stützrollen
	45 Ständer
	46 Sammelschiene / Ablage
	47 Zylinder
25	48 Kolbenstange
	49 weiterer Schlitten

DE 202 16 214 U1

22.09.03  
- 12 -

50 Träger / Rollen

51 Auswerfer

52 Sammelbehälter

5 56 Zentrierbohrung / Positionierelement

57 Zentrierstifte

58 Zentrierbohrungen

φ Drehwinkel Spannfutter

10 x, y, z, x', y', z'

NC-Achsen

DE 202 16 214 U1

22. 11. 13

P a t e n t a n s p r ü c h e

---

1. Werkzeugmaschine zur Bearbeitung von länglichen Werkstücken (14) mittels Laserstrahlen, insbesondere von Rohren, Flach- und Hohlprofilen, wobei eine Aufnahmeverrichtung (13) zum einseitigen Einspannen des Werkstücks (14) und im Bereich der Strahlbearbeitung ein in Längsrichtung der Werkzeugmaschine (1) an Führungsschienen (20) verschieblicher Schlitten (21) vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass an diesem, wenigstens einen Schlitten (21; 49) ein autonomer steuerbarer Antrieb (23) vorgesehen ist, dass dessen Abtrieb (24) mit einem Zahnrad (25) versehen ist und in eine in Längsrichtung der Werkzeugmaschine angeordnete Zahnstange (26) eingreift, und dass der Schlitten (21; 49) Träger (29) von Stützen (39) und/oder Führungen (44) oder Ablagen (46) und/oder Auswerfern (51) und/oder Absaugvorrichtungen (40, 41) ist, welche das zu bearbeitende Werkstück (14) und/oder das bereits bearbeitete Werkstück (14') stützen, führen, aufnehmen und/oder auswerfen.
  
2. Werkzeugmaschine zur Bearbeitung von länglichen Werkstücken (14) mittels Laserstrahlen, insbesondere von Rohren, Flach- und Hohlprofilen, wobei eine Aufnahmeverrichtung (13) zum einseitigen Einspannen des Werkstücks (14) und im Bereich der Strahlbearbeitung ein in Längsrichtung der Werkzeugmaschine (1) an Führungsschienen (20) verschieblicher Schlitten (21) sowie ein Antrieb (23) für die Längsverschiebung des Schlittens (21) vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Schlitten (21; 49) ei-

DE 20216214 U1

20 14

nen Träger (29; 50) aufweist mit mehreren Befestigungselementen (33, 34) zur austauschbar lösbarer Befestigung mindestens einer Hilfseinrichtung (37), insbesondere eines Stützelementes (39), eines Zentrierelementes (44), einer Absauglanze (40), eines Sammlers (46) für abgelängte Werkstücke (14') und/oder eines Auswerfers (51).

- 5        3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 2, wobei die Befestigungselemente (33, 34) auf dem Träger (29) in einem regelmässigen Raster angeordnet sind.
- 10        4. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Träger (29) am Schlitten (21) vertikal verschiebbar geführt und über ein Huborgan (30, 31) mit dem Schlitten (21) verbunden ist.
- 15        5. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Schlitten (21) über eine flexible Leitung (32) mit einer Steuereinrichtung (35) verbunden ist.
- 20        6. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Hilfseinrichtung (37) eine Absauglanze (40) umfasst, deren Endabschnitt im montierten Zustand parallel zur Längserstreckung der Werkzeugmaschine (1) verläuft, und die über einen flexiblen Schlauch (41) an eine Absaugquelle angeschlossen ist.
- 25        7. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Träger (29) in einem regelmässigen Raster Befestigungsbohrungen (33) oder hinterschnittene Nuten (34) aufweist zur Aufnahme von Befestigungsschrauben (38) für die Hilfseinrichtung (37).

DE 202 16 214 U1

20 15:15

8. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei der Antrieb einen am Schlitten (21) befestigten Motor (23) umfasst, auf dessen Abtriebswelle (24) ein Zahnrad (25) befestigt ist, welches mit einer gehäuselosen Zahnstange (26) kämmmt, die sich parallel zu den Längsführungen (20) erstreckt.
9. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Träger (29) Positionierelemente (56) zur exakten Ausrichtung der Hilfseinrichtung (37) auf dem Träger (29) aufweist.
10. Werkzeugmaschine nach Anspruch 9, wobei die Positionierelemente (56) Zentrierbohrungen sind zur Aufnahme von Zentrierstiften (57).
11. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei an wenigstens einem zweiten Schlitten (49) eine höhenverstellbare Stütze (50) angeordnet ist.
12. Werkzeugmaschine nach Anspruch 11, wobei wenigstens einer dieser weiteren Schlitten (49) manuell verschieblich ist.

20.

DE 202 16 214 01

1 / 2

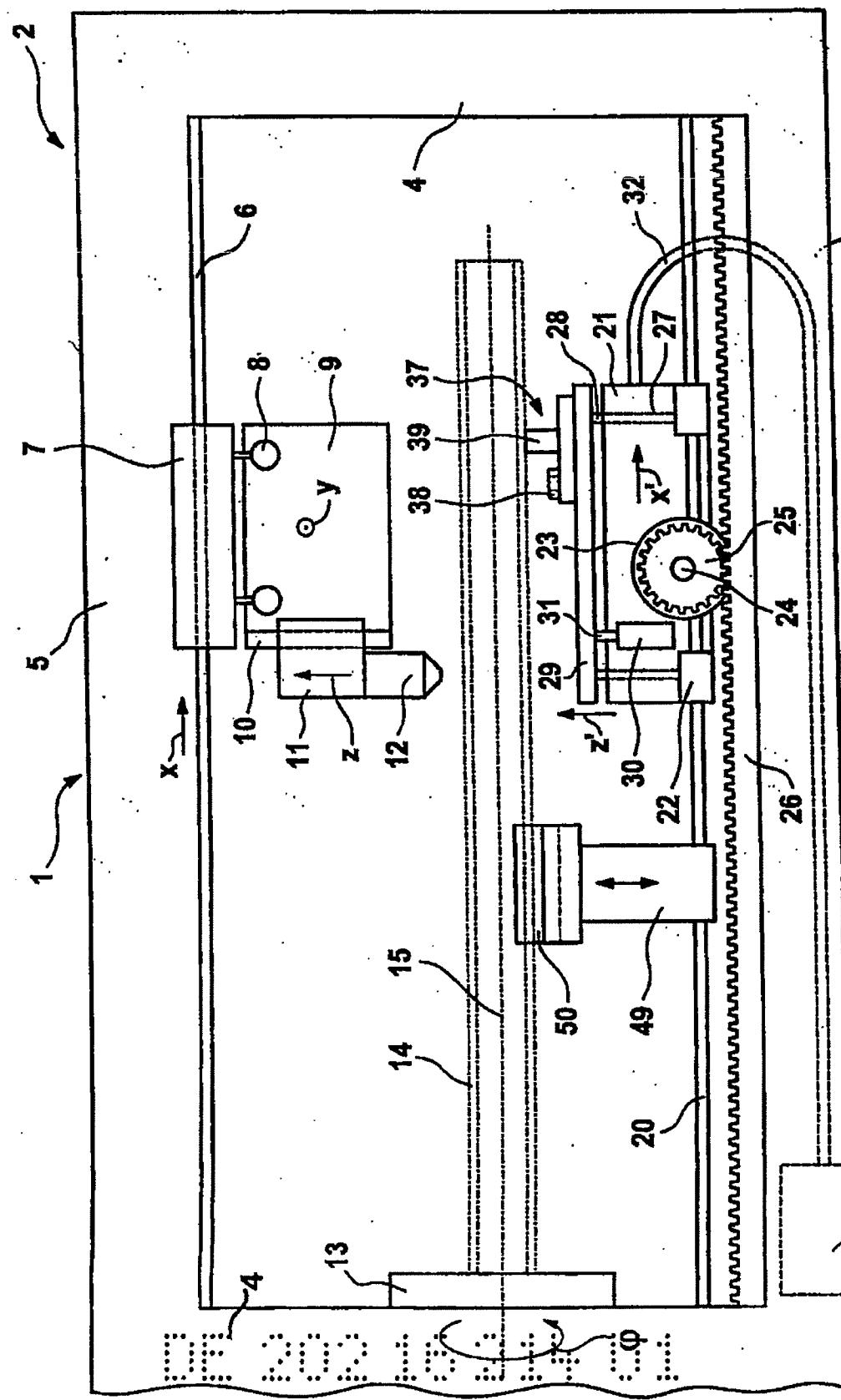


Fig. 1

35

DE 202 16 21

2 / 2

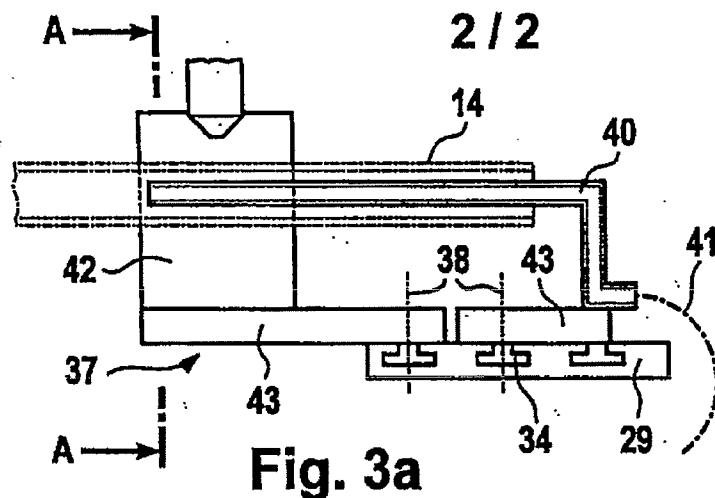


Fig. 3a

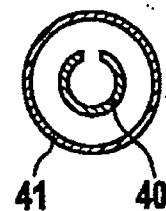


Fig. 3b  
(A - A 2:1)

Fig. 3

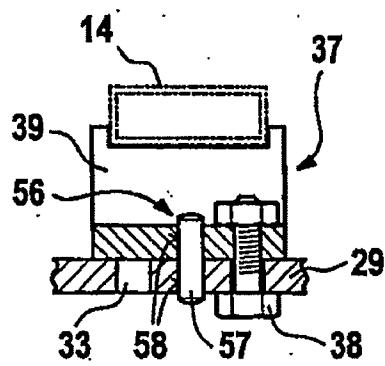


Fig. 2

Fig. 4a

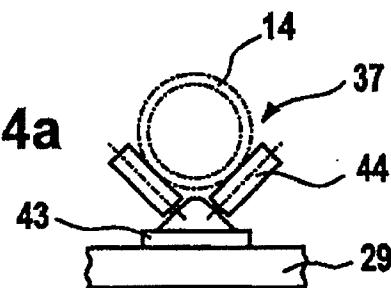


Fig. 4b

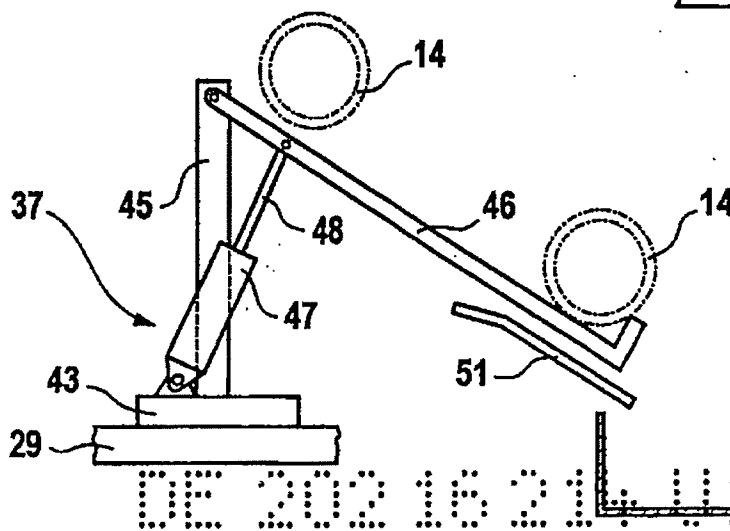
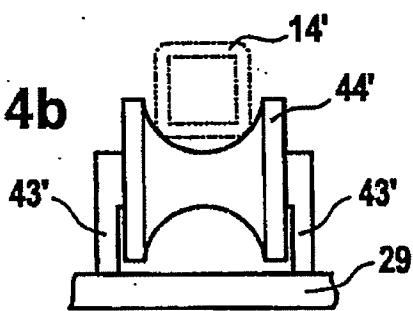


Fig. 5

DE 202 16 21

52